

Alguns aspectos da geoestratégia global do lítio O caso de Portugal

Helena Viegas^{1a}, Luís Martins² & Daniel de Oliveira^{1b}

1 – Laboratório Nacional de Energia e Geologia – Estrada da Portela, Bairro do Zambujal, Apartado 7586, 2611-901 Amadora.

a – helen.santana@lneg.pt; b – daniel.oliveira@lneg.pt

2 – Direcção Geral de Energia e Geologia – Av. 5 de Outubro, n.º 87, 1069-039 Lisboa. luis.martins@dgge.pt

Resumo

O lítio é um metal com uma multiplicidade de aplicações numa grande diversidade de indústrias. Utiliza-se na forma metálica, de diversos compostos químicos ou de concentrado mineral, em sectores como as indústrias vidreira, cerâmica, farmacêutica, electrónica, agro-química, baterias, entre outras. O crescente consumo a nível global tem sido dominado pelas indústrias cerâmica e vidreira. Contudo, o desenvolvimento tecnológico dos veículos eléctricos, a implementação no mercado e as previsões de crescimento global deste sector, fazem prever um significativo crescimento na procura de lítio, já que é a base das baterias utilizadas nestes veículos. Deste modo, os projectos mineiros de lítio proliferam por todo o globo, sobretudo em depósitos do tipo salmoura e pegmatitos.

Em Portugal, os recursos de Li são do tipo pegmatito e têm sido explorados conjuntamente com os feldspatos, para utilização na indústria cerâmica. Devido ao potencial existente em Portugal neste tipo de recursos, é necessária a aplicação de uma nova metodologia que contribua para a maximização do valor do recurso pegmatito e para avaliar a viabilidade de produção de carbonato de Li.

Palavras-chave: Lítio; valorização de pegmatitos; veículos eléctricos.

Abstract

Lithium is a metal with a wide range of applications in very different industries. It is used in the metallic form or as several chemical compounds (carbonate, hydroxide, butyl) or even as different mineral concentrates. Due to its physic and chemical properties has such different applications as ceramics, glass, several types of lithium batteries, pharmaceutical, agrochemical, amongst others. The lithium consumption has been grown globally during the last decade and the demand has been specially driven by ceramics and glass industries. However, it is expected a quite significant growth in the demand, driven to the continuous growth of the electric and hybrid electric market vehicles, based on Li batteries technology, expected during the coming years. This forecast scenario in the global demand and consumption of lithium has been responsible for the development of mining projects worldwide, mainly in continental brines and pegmatite deposits.

The lithium resources in Portugal are mainly related with pegmatitic and aplopegmatitic rocks and have been exploited together with feldspars to be used in the ceramic industry. Due to the mineral potential that Portugal has in this type of mineral resources, there is a need to put in place a new mining approach in the whole added value chain which may be able to maximize the value of the pegmatitic and aplopegmatitic resources and evaluate the feasibility to produce lithium carbonate.

Key words: *Lithium; pegmatites valorization; electric vehicles.*

Introdução

O lítio (Li) é um metal alcalino, o mais leve da tabela periódica, não existe na natureza na forma livre, possui um elevado calor específico e um elevado potencial electroquímico. As suas propriedades, as diferentes

possibilidades de ocorrência e os elementos a que se pode associar permitem-lhe grande diversidade de aplicações. Pode ser utilizado directamente na forma de concentrado mineral, metal ou de diversos produtos químicos (carbonato, hidróxido) que se podem obter a partir das salmouras ou dos minerais de lítio (Fig. 1).

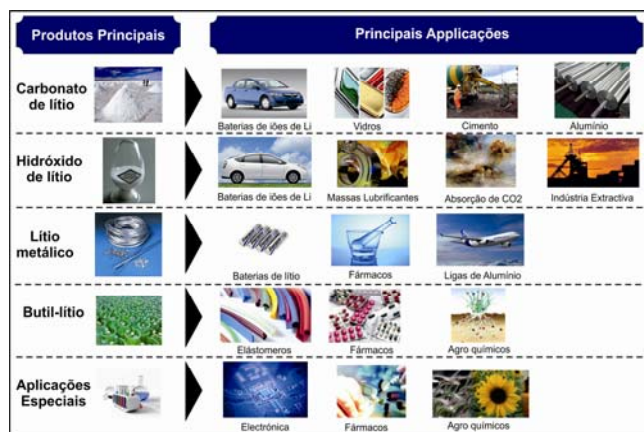


Figura 1 – Principais aplicações dos produtos de Li mais comuns (adapt. Engel-Bader, 2010).

A produção e a cotação de lítio têm vindo a aumentar na última década, tendo-se registado um aumento na produção proveniente de salmouras e de concentrados minerais para uso directo, bem como na produção de carbonato e hidróxido de Li (Fig. 2). A cotação da tonelada de LCE (*lithium carbonate equivalent*) sofreu um decréscimo a partir de 2009 devido à conjuntura financeira global pouco favorável, tendo recuperado para valores de cerca de 6 000 US\$ em Julho deste ano, sendo expectável que este valor não venha a sofrer proximamente alterações significativas (Talbot, 2011). Refira-se, contudo, que a cotação do lítio é essencialmente baseada em contratos de longo prazo estabelecidos entre o produtor e o comprador.

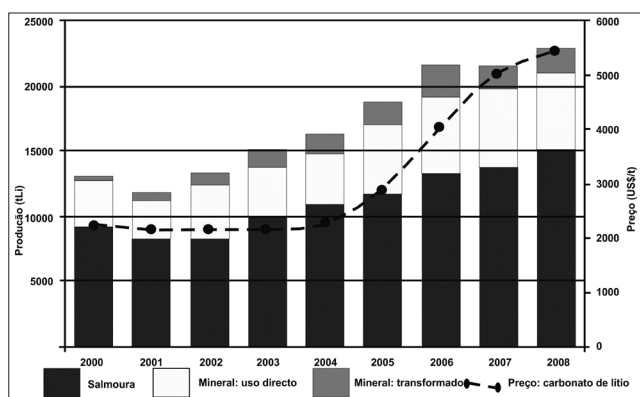


Figura 2 – Evolução da produção mundial de lítio e da cotação do carbonato de lítio, na última década (adapt. O'Keefe et al., 2009).

Essa produção foi dominada pelo Chile, Austrália e Argentina, com uma contribuição relevante dos EUA e da China, sendo de destacar o aumento gradual da produção deste último país, para a qual ainda contribuíram outros, nos quais se inclui Portugal (Fig. 3).

A produção da última década destinou-se a diversos usos industriais (Fig. 4), entre os quais se destacam a indústria cerâmica e do vidro, que são os sectores

tradicionalmente consumidores desta matéria-prima. Note-se, contudo, o consumo crescente no sector das baterias, que atinge actualmente 23% do consumo global (Fig. 5).

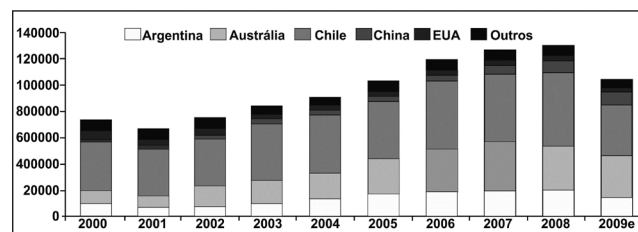


Figura 3 – Produção Mundial de Lítio por país, 2000-2009 e (t LCE) (adapt. Baylis, 2010).



Figura 4 – Consumo Mundial de Lítio por sector, 2000-2009 (t LCE) (adapt. Baylis, 2010).

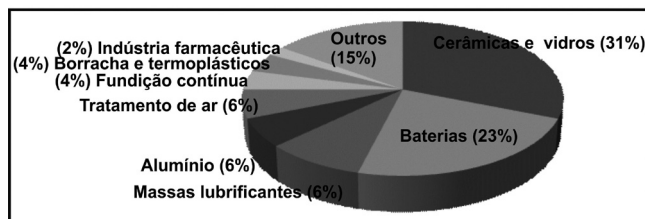


Figura 5 – Consumo Mundial de Lítio actual e por sector em %, (USGS, 2011).

Quando analisado o cenário das previsões do consumo a curto prazo apenas se prevêem aumentos muito modestos (Fig. 6), enquanto que para uma análise a médio prazo o cenário altera-se significativamente (Fig. 7). A previsão de crescimento na procura global de Li a médio prazo é induzida pela também crescente implementação dos veículos eléctricos no mercado (Fig. 8). O analista David Talbot considera que o valor máximo apresentado na figura 8 pode mesmo ser bastante superior e atingir uma procura de 240 000 a 270 000 t LCE por ano.

A previsão do forte crescimento do consumo de Li a nível mundial levou a que este metal passasse a ser considerado como uma matéria-prima crítica nos EUA (Committee on Critical Mineral Impacts on the U.S. Economy, 2008), enquanto na UE se encontra entre o grupo dos 41 recursos minerais que foram seleccio-

nados pelo grupo de trabalho Ad-Hoc, no âmbito da Iniciativa Matérias-Primas, para identificar quais os recursos mais críticos para a sua indústria (Ad-hoc Working Group on defining critical raw materials, 2010). Este novo contexto global do mercado do Li incentivou à proliferação de projectos mineiros para prospecção e exploração deste recurso um pouco por todo o globo.

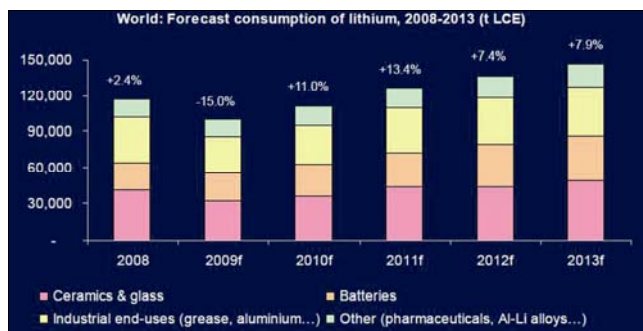


Figura 6 – Previsões do consumo mundial de Li a curto prazo (Baylis, 2010).



Figura 7 – Previsões da procura global de Li a médio prazo (Anderson, 2011).

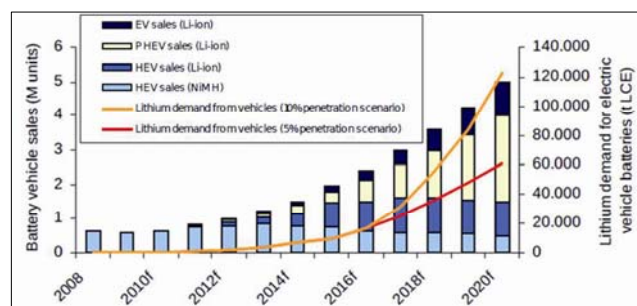


Figura 8 – Previsões da procura global de Li a médio prazo, induzido pelo desenvolvimento do sector dos veículos eléctricos (adapt. Engel-Bader, 2010).

Os recursos e as reservas mundiais de Li

Os principais depósitos mundiais de Li são as salmouras, cujas principais ocorrências se localizam na faixa litinífera da América do Sul (Chile, Bolívia e Argentina), onde se localizam os bem conhecidos *salares* de Atacama, Uyuni e Hombre Muerto, respectivamente; os pegmatitos litiníferos, dos quais se destacam as ocorrências do Brasil e Austrália; e, menos comuns, alguns depósitos sedimentares aos quais se encontra associada actividade hidrotermal, como as ocorrências de hectorite nos EUA e de jadarite, no Vale de Jadar, na Sérvia, sendo que este último detém importantes reservas de Li (Fig. 9).

Entre os tipos de depósito de lítio encontram-se ainda as salmouras associadas a campos geotérmicos e as salmouras associadas a depósitos de hidrocarbonetos (Brown, 2010).

Os minerais de lítio mais comuns são a espodumena, a petalite, a lepidolite, a amblygonite, a eucryptite, a montebrasite, a zinnwaldite, a hectorite e a jadarite.

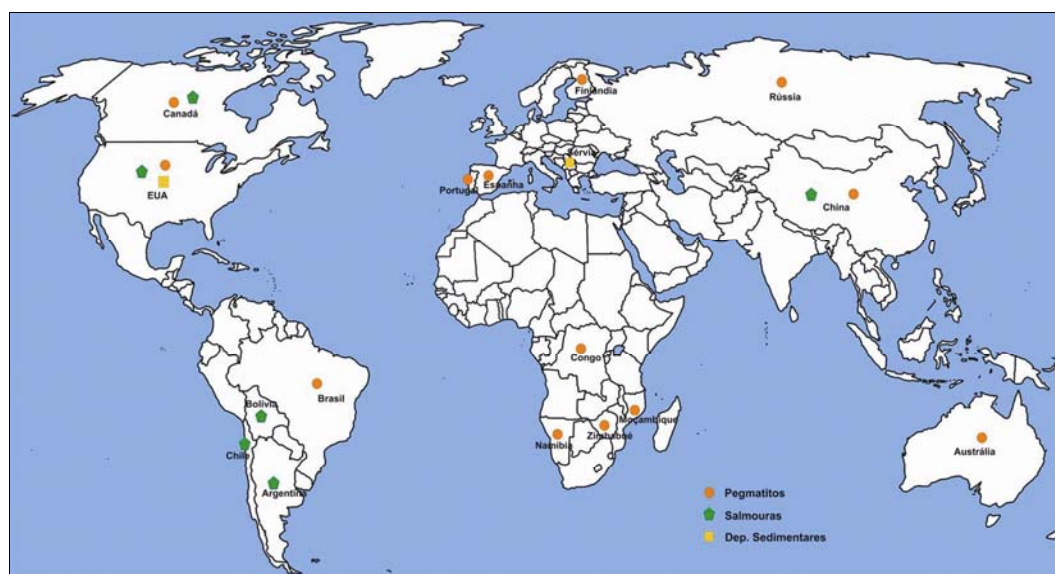


Figura 9 – Distribuição das principais ocorrências mundiais de Li, por tipo de depósito.

Os *salares* têm teores em Li que variam entre 0,02 – 0,14%, os depósitos pegmatíticos e aplitopegmatíticos têm teores entre 0,59 – 1,59%, a hectorite tem teores de cerca de 0,27% e a jadarite de 0,096% (Gruber & Medina, 2010).

A distribuição das reservas mundiais, por tipo de depósito, pode ser observada na figura 10, onde se torna evidente que, mesmo podendo existir oscilações nestes valores consoante os autores, os *salares* são claramente dominantes.

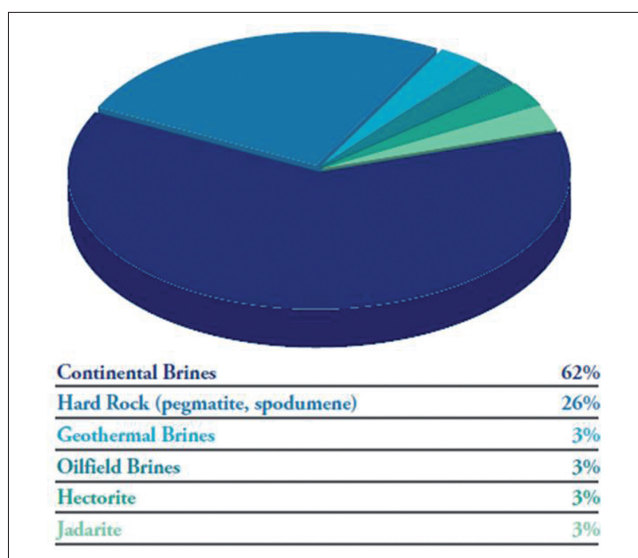


Figura 10 – Reservas mundiais de Li por tipo de depósito (Metal Bulletin Research, 2011).

Os dados publicados relativos à distribuição das reservas mundiais de Li são algo díspares, situação que resulta de diversos factores, entre os quais a utilização de diferentes fontes de informação e o conceito de “reservas” para os diferentes autores. Veja-se, a título de exemplo, a disparidade entre os dados publicados por Evans (2008) e pela MRI (Fig. 11).

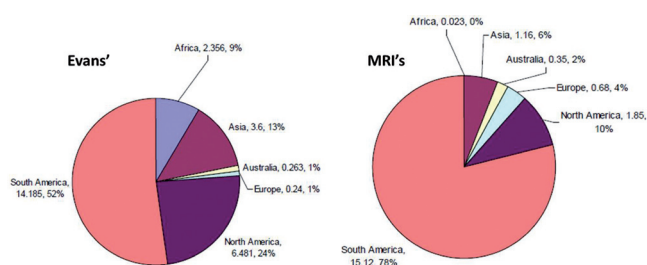


Figura 11 – Distribuição das reservas mundiais de Li segundo diferentes autores (Abell, 2008).

Devido à sua significativa diferença em termos de génese e de contexto geológico, os principais tipos de depósitos de Li, *salares* e pegmatitos, apresentam diferenças significativas segundo diversos aspectos. A figura 12 sintetiza algumas dessas diferenças.

	Salmoura	Pegmatito
Factores ambientais, técnicos e económicos condicionantes	Qualidade e composição química da salmoura, características hidrogeológicas, condições climáticas, disponibilidade de água, projecto, custos de processamento. Grande variabilidade dos teores no decurso do tempo de vida do projecto.	Tipo e dimensão do pegmatito e da mineralização de Li. Constância dos teores ao longo do tempo de vida do projecto.
Teores Li (%)	0,02 – 0,14	0,59 – 1,59
Cálculo de reservas	De difícil execução. Variação dos teores a partir do momento que se inicia a extracção.	Mais fácil de executar. Teores são fixos.
Custos no processo de beneficiação	Mais baixos mas sem flexibilidade para utilização de matérias de diferentes proveniências ou para grande variabilidade nas concentrações.	Investimento inicial maior mas de fácil adaptação a todos os pegmatitos do mesmo tipo, possibilidade de readaptação simples para recursos de diferentes proveniências.
Flexibilidade na exploração	Sem grande flexibilidade para valorização de outros recursos (apenas possibilidades para Mg, K e B).	Possibilidade e conveniência da valorização total do recurso pegmatito. Diferentes possibilidades de escoamento dos produtos, diferentes mercados.

Figura 12 – Principais diferenças entre os depósitos de Li do tipo salmoura e do tipo pegmatito e entre os projectos mineiros associados à sua exploração.

O caso de Portugal

O contexto geológico de Portugal confere-lhe um considerável potencial em mineralizações de lítio, associadas a depósitos do tipo pegmatito, aplitopegmatito e a alguns filões quartzosos, com excepção do jazigo de Argemela, cuja mineralização de Li (ambligonite) se encontra associada a filões e ao granito de Argemela (Ferraz *et al.*, 2010).

As mineralizações pegmatíticas e aplitopegmatíticas relacionam-se geneticamente com magmas graníticos mais diferenciados, predominantemente granitos Hercínicos do tipo S (largamente contaminados por materiais resultantes da fusão de metassedimentos crustais). Formam-se a partir de resíduos aplíticos, pegmatíticos e hidrotermais que resultam da fase tardia de consolidação do tipo de magmas já referido.

Este tipo de granitos encontra-se bem representado no norte e centro de Portugal, aflorando aí em grandes extensões. Em termos morfológicos correspondem, maioritariamente, a filões e bolsadas intragraníticas ou por vezes encaixados nas formações metassedimentares.

Os campos de pegmatitos litiníferos portugueses de maior potencial (Fig. 13), à luz do conhecimento actual, localizam-se em:

- Serra d'Arga, filões radiais perigraníticos, filões pegmatóides peraluminosos sódicos intragraníticos, soleiras pegmatóides peraluminosas potássicas litiníferas exograníticas com petalite, espodumena e ambligonite, soleiras pegmatóides peraluminosas sodalíticas exograníticas com espodumena, ambligonite e elbaite e filões pegmatíticos hiperaluminosos lítico-potássicos exograníticos distais com lepidolite, elbaite e ambligonite;
- Covas do Barroso, filões aplitopegmatíticos intrusivos nas formações metassedimentares com espodumena, ambligonite, petalite, eucryptite e lepidolite;

- Escalhão – Barca d’Alva, filões aplitopegmatíticos intrusivos nas formações metassedimentares com ambligonite, lepidolite e espodumena;
- Massueime, filões aplitopegmatíticos endo e exograníticos com ambligonite, (lepidolite) e cassiterite;
- Gonçalves – Seixo Amarelo, soleiras predominantemente intragraníticas com lepidolite, ambligonite e petalite e outros minerais litiníferos;
- Mangualde, bolsadas pegmatíticas intragraníticas com litiofilite;
- Gouveia, soleiras aplitopegmatíticas intragraníticas com ambligonite e lepidolite;
- Segura, filões aplitopegmatíticos, encaixados nos metassedimentos, com cassiterite, lepidolite e fosfatos do tipo ambligonite-montebrasite.



Figura 13 – Localização dos principais campos pegmatíticos litiníferos portugueses.

Embora com menor relevância, são ainda dignas de referência outras ocorrências como no Picoto (Montalegre), em Vidago e na Rebordosa (Farinha Ramos, 2000).

Pese embora o potencial em minérios de Li de muitos pegmatitos e aplitopegmatitos em Portugal, estes depósitos minerais têm sido tradicionalmente explorados sobretudo para a produção de feldspato e quartzo, sem que sejam produzidos concentrados de minérios de Li. Os minérios de Li existentes e explorados nos pegmatitos e aplitopegmatitos em Portugal têm sido tradicionalmente comercializados misturados nos concentrados de feldspato e destinados, essencialmente, à indústria cerâmica ou das tintas.

Ainda assim, este mercado sempre se afigurou como promissor, o que motivou o então Instituto Geológico e Mineiro a desenvolver nos anos 90 uma campanha de prospecção e pesquisa na região do Barroso – Alvão (importante campo litinífero em Portugal) com o

objectivo de valorizar os filões aplitopegmatíticos mineralizados em espodumena (Farinha, 1998). Para esta campanha foram seleccionadas três estruturas aplitopegmatíticas com espodumena visível: Alijó, Veral e Adagói. Os resultados foram francamente promissores, destacando-se os campos de Alijó e Adagói, para os quais foram calculadas reservas de 402 801 toneladas métricas com teores ponderados de 1,40% LiO_2 , de 3,45% Na_2O , de 2,21% K_2O e de 0,71% Fe, e de 108 092 toneladas métricas com teores ponderados de 1,05% LiO_2 , de 3,98% Na_2O , de 3,2% K_2O e de 0,6% Fe, respectivamente (Farinha & Lima, 2000). Os três campos encontram-se actualmente concessionados a empresas mineiras ou em regime de contrato de prospecção e pesquisa. Este é, aliás, um excelente exemplo do papel que uma instituição do tipo “Serviços Geológicos” deve assumir na promoção e valorização dos seus recursos minerais, com o subsequente impacto positivo na dinamização da indústria extractiva e transferência de conhecimento para o sector empresarial.

Em conformidade com a legislação mineira em vigor em Portugal, os recursos minerais existentes nos pegmatitos e aplitopegmatitos enquadram-se nos recursos minerais do domínio público (D.L.90/90), pelo que as empresas que pretendam desenvolver prospecção deste tipo de recursos deverão assinar um contrato de prospecção e Pesquisa com o Estado Português, representado para o efeito pela entidade com tutela deste domínio. Esse contrato, com a duração máxima de 5 anos, prevê que seja implementado um plano de trabalhos e de investimentos e vir a resultar na obtenção de uma concessão de exploração, caso os resultados da prospecção e pesquisa venham a demonstrar a viabilidade económica do projecto.

Considera-se ainda relevante referir que os pegmatitos e aplitopegmatitos litiníferos em Portugal foram e continuam a ser também alvo de numerosos estudos de investigação, desenvolvidos por várias instituições universitárias, encontrando-se muito bem conhecidos do ponto de vista geoquímico, petrográfico e mineralógico, pelo menos no que respeita à sua parte aflorante.

Impacto do mercado global na situação de Portugal.

O que urge mudar

À semelhança do que se verificou à escala global, também em Portugal se registou um aumento da produção de pegmatitos com lítio, na última década (Fig. 14).

A conjugação de vários factores, entre os quais o contexto global favorável do mercado para o Li e outros potenciais recursos existentes nos pegmatitos, o contexto geológico favorável à ocorrência de

pegmatitos litiníferos e a ocorrência de um número considerável de campos pegmatíticos já conhecidos, fazem com que o futuro da exploração deste tipo de recursos em Portugal seja promissora.

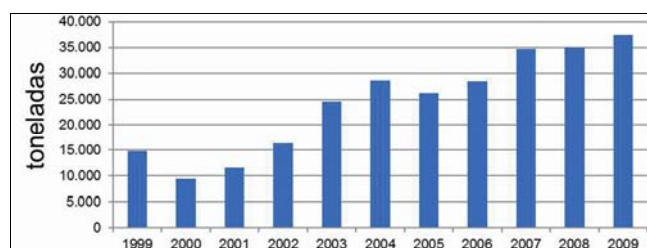


Figura 14 – Evolução da produção de pegmatitos com Li na última década, em Portugal (DGEG, 2010).

O recurso pegmatito, com potencial para aproveitamento de quartzo, feldspato, quartzo (incluindo o quartzo de pureza óptica), granadas, micas, terras raras, nióbio, tântalo, estanho e lítio, onde todos os seus componentes mineralógicos são susceptíveis de ser valorizados, colocam-no numa situação de excelência no contexto mineiro, permitindo uma valorização total do recurso com produção zero de resíduos.

Do grupo das 14 matérias-primas actualmente consideradas críticas para a UE, 5 ocorrem em pegmatitos: terras raras, nióbio, tântalo, berílio e fluorite.

Assim, o futuro da exploração dos recursos pegmatíticos e aplitopegmatíticos em Portugal necessita claramente de uma nova abordagem nas fases de prospecção, extracção e beneficiação, tal como uma nova logística na gestão e aproveitamento do recurso, que passe por uma estratégia de caracterização mineralógica, geoquímica e de avaliação de reservas do recurso total, de modo a assegurar a maximização de valor de todo o recurso pegmatítico.

Será necessário aplicar metodologias que são utilizadas normalmente pelo sector dos recursos metálicos, em detrimento das que tradicionalmente têm sido utilizadas e características dos recursos minerais não metálicos, para que se possa proceder a um melhor reconhecimento do recurso em profundidade, fazer uma avaliação de reservas mais rigorosa e um planeamento mais sustentável das explorações.

O futuro da extracção e processamento terá que garantir ainda práticas de responsabilidade social e ambiental, onde se inclua a recuperação ambiental e restituição da área explorada à sociedade, para outras utilizações, dando cumprimento à legislação em vigor.

Refira-se que as duas principais empresas que operam actualmente em Portugal neste tipo de depósitos já demonstraram vontade em alterar a abordagem tradicional e começar a implementar as novas metodologias que se impõem para este sub-sector dos recursos minerais.

Constrangimentos à produção de carbonato e/ou hidróxido de Li em Portugal

A produção de carbonato e/ou hidróxido de Li em Portugal só poderá ser encarada numa perspectiva de viabilidade à escala do país e não de cada projecto mineiro individual. Para o efeito é necessário proceder a uma análise rigorosa das reservas existentes e da capacidade de produção de concentrados minerais de Li por parte dos projectos em curso. Um factor igualmente determinante num estudo de viabilidade de produção de carbonato ou hidróxido de Li é o custo da energia, já que se trata de um processo de elevadíssimo consumo energético.

Esta abordagem abre oportunidades para constituição de *clusters* que englobem toda a cadeia de valor acrescentado do recurso primário e reciclagem, tendo também em consideração a possibilidade de introduzir recursos secundários nos processos.

Bibliografia

- Abell, L. & Oppenheimer, P. (2008) – World Lithium Resource Impact on Electric Vehicles. (<http://action.pluginamerica.org/o/2711/images/World-Lithium-Resource-Impact-on-Electric-Vehicles-v1.pdf>)
- Anderson, E. R. (2011) – Shocking Future Battering the Lithium Industry through 2020. TRU Group Inc. 3rd Lithium Supply and Market Conference. (<http://trugroup.com/whitepapers/TRU-Lithium-Outlook-2020.pdf>)
- Baylis, R. (2010) – The lithium market: 2009 review and outlook. Roskin Information Services Ltd. *Industrial Mineral Events*. Lithium Supply and Markets 2010 Conference. (<http://www.slideshare.net/robertbaylis/the-lithium-market-2010-review-and-outlook>)
- Brown, D. (2010) – Lithium: world class deposit. *Lithium Investing News*. (<http://lithiuminvestingnews.com/1584/lithium-world-class-deposit/print>)
- Committee on Critical Mineral Impacts on the U.S. Economy (2008) – Minerals, Critical Minerals, and the U.S. Economy. – National Academies Press. ISBN: 0-309-11283-4, 264 p.
- Critical raw materials for the EU (2010) – Report of the Ad-hoc Working Group on defining critical raw materials for the EU – 2010, RMSG, DGEI, EC.
- Engel-Barden, M. (2010) – Chemetall the Lithium company. *Seminário Sociedad Nacional de Minería "Lithium and national economy"*. Santiago de Chile, August 5th 2010. (<http://200.73.76.58/files/presentaciones/214/04.-%20Lithium%20and%20national%20economy.pdf>)

Evans, R. Keith (2008) – An Abundance of Lithium.

(http://www.worldlithium.com/An_Abundance_of_Lithium_I_files/An%20Abundance%20of%20Lithium.pdf)

Farinha, J. (1998) – Sondagens de reconhecimento em filões aplitopegmatíticos mineralizados em espodumena, Região do Alto Tâmega (Concelhos de Boticas, Vila Pouca de Aguiar e Ribeira de Pena). – *Relatório Interno #2417*, Instituto Geológico e Mineiro, 47 p.

Farinha, J. & Lima, A. (2000) – Estudo dos filões aplitopegmatíticos litiníferos da Região do Barroso Alvão (Norte de Portugal). *Estudos, Notas e Trabalhos*, Instituto Geológico e Mineiro, 42: 3-49.

Farinha Ramos, M. (2000) – Prefácio. *Estudos, Notas e Trabalhos*, Instituto Geológico e Mineiro, 42: 1-4.

Ferraz, P.; Rodrigues, B. C.; Oliveira, A. & Farinha Ramos, J. (2010) – Resultados da campanha de prospecção do jazigo de Sn-Li de Argemela, VIII Congresso Nacional de Geologia, 4 p.

Gruber, P. & Medina, P. (2010) – Global Lithium availability. A constraint for electric vehicles? A practicum submitted

in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (Natural Resources and Environment) at the University of Michigan, 76 p.

Metal Bulletin Research (2011) – Global Lithium Market Outlook: Projects and Strategies to 2020 for a New era of Demand. *Industrial Minerals*, 6 p.

O'Keefe, M.; Whale, D. M.; Morrison, J. A. & Bourgeois, S. (2009) – Mining and Power Alternative Energy. Lithium Opportunities. Vehicle electrification and Battery Technology Driving Demand for Lithium. COMARK Securities INC. (<http://www.consolidatedabaddon.com/i/pdf/Cormark-Lithium-Sep-1-09.pdf>)

Talbot, D. (2011) – Uranium and Lithium Demand Powers Stocks. (<http://www.theenergyreport.com/pub/na/10323>)

USGS (2011) – Lithium. *U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries*, January 2011. (<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/lithium/mcs-2011-lithi.pdf>)



O cliente mais acima

Fornecemos soluções para as Indústrias de Geotecnia, Fundações Especiais e Construção Civil em geral.



DIMATEC INC.
Diamond Drilling Tools & Precision Machining



Há vinte anos que as coroas e calibradores DIMATEC comprovam a sua qualidade na perfuração em explorações mineiras e geotécnicas



REFLEX™

A exigência de controlo rigoroso do desvio de furo é cada vez mais imperiosa.

As soluções REFLEX são múltiplas, desde o ACT para orientação do carote, até EZ-TRAC e MAXIBOR para medição de verticalidades.

